

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-221066

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 C 3/06

G 0 1 C 3/06

V

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-34275

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月4日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 上田 隆弘

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製

作所研究所内

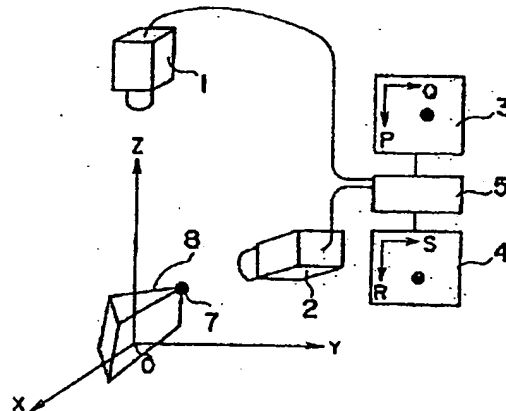
(74) 代理人 弁理士 橋爪 良彦

(54) 【発明の名称】 ステレオ法による3次元位置計測装置及びその計測方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高精度で、かつ、簡単な3次元位置測定が可能なステレオ法による3次元位置計測装置及びその計測方法を提供する。

【解決手段】 複数の撮像装置により撮像した画像データを入力し、この画像データの画像処理により撮像装置内のモニタ座標系での各パターンに対応する複数点の座標値を算出し、各離間位置でのプレートに対応するモニタ座標系内の複数点により形成される各曲面を近似する曲面多項式を前記算出された座標値に基づいて求め、各離間位置に対応した曲面多項式の各係数を記憶し、実際の位置計測時には、測定点7のモニタ座標系内の座標値を算出し、この座標値と、上記記憶された各係数による複数の曲面の中でモニタ座標系内の測定点7をはさんだ両側の曲面との位置関係に基づいて、補間により測定点7のワールド座標位置を算出して計測する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レンズの光軸を互いに異なる方向に設置した複数の撮像装置(1,2)を備え、ワールド座標系内に設置された測定対象物をこの複数の撮像装置(1,2)で撮像した画像データを画像処理して測定点(7)の撮像装置内のモニタ座標系での位置を求め、このモニタ座標位置に基づいて測定点(7)のワールド座標系内の位置を計測するステレオ法による3次元位置計測装置において、

予め、複数のパターン(9a)がワールド座標系内の所定位置に描かれたキャリブレーションプレート(9)が所定距離ずつ離間した複数の位置に設置されたとき、このキャリブレーションプレート(9)の各離間位置毎に、前記複数の撮像装置(1,2)でキャリブレーションプレート(9)を撮像した画像データを入力し、この画像上の上記各パターン(9a)に対応する複数点の位置からモニタ座標系内のこの複数点の座標値を算出し、前記各離間位置でのキャリブレーションプレート(9)に対応するモニタ座標系内の上記複数点により形成される曲面(11)を近似する曲面多項式を前記算出された座標値に基づいて求め、各離間位置に対応した曲面多項式の各係数を記憶し、この後実際の測定対象物の位置計測時には、画像上の測定点(7)の位置からモニタ座標系内の測定点(7)の座標値を算出し、この算出された座標値と、上記記憶された複数の曲面多項式の各係数による複数の曲面(11)の内でのモニタ座標系内の測定点(7)をはさんだ両側の曲面(11)との位置関係に基づいて、補間によって測定点(7)のワールド座標系内の位置を算出して計測する画像処理装置(5)を備えたことを特徴とするステレオ法による3次元位置計測装置。

【請求項2】 請求項1に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記曲面(11)を近似する曲面多項式は、滑らかな3次元多項式であることを特徴とするステレオ法による3次元位置計測装置。

【請求項3】 請求項1に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記複数の撮像装置(1,2)の内、少なくとも、第1の撮像装置(1)のレンズ光軸をワールド座標系の一座標軸と平行にし、かつ、第2の撮像装置(2)のレンズ光軸を上記一座標軸に対して傾斜させ、

前記画像処理装置(5)は、上記第1の撮像装置(1)の画像データに基づいて、上記一座標軸に直交するモニタ座標系の座標軸による座標値を算出し、かつ、上記第2の撮像装置(2)の画像データに基づいて、上記一座標軸に平行なモニタ座標系の座標軸による座標値を算出することを特徴とするステレオ法による3次元位置計測装置。

【請求項4】 請求項1に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記複数の位置に設置される前記キャリブレーションプレート(9)は、ワールド座標系の一座標軸に直交すると

2

とを特徴とするステレオ法による3次元位置計測装置。

【請求項5】 請求項2又は3に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、

前記画像処理装置(5)が、前記複数の曲面(11)に対応して近似されたモニタ座標系内の各曲面多項式に基づいて、前記測定対象物の測定点(7)のワールド座標系の位置を算出するときは、上記各曲面多項式と、モニタ座標系内の測定点(7)を通り、かつ、モニタ座標系内の一座標軸に平行な直線式とに基づいて補間して算出することを特徴とするステレオ法による3次元位置計測装置。

【請求項6】 請求項1～5に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、

前記複数の撮像装置(1,2)の内、少なくとも1台は斜めCCDカメラ装置であることを特徴とするステレオ法による3次元位置計測装置。

【請求項7】 レンズの光軸を互いに異なる方向に設置した複数の撮像装置(1,2)により、ワールド座標系内に設置された測定対象物を撮像し、この撮像した画像データを画像処理して測定点(7)の撮像装置内のモニタ座標系での位置を求め、このモニタ座標位置に基づいて測定点(7)のワールド座標系内の位置を計測するステレオ法による3次元位置計測方法において、

予め、複数のパターン(9a)がワールド座標系内の所定位置に描かれたキャリブレーションプレート(9)が所定距離ずつ離間した複数の位置に設置されたとき、このキャリブレーションプレート(9)の各離間位置毎に、前記複数の撮像装置(1,2)でキャリブレーションプレート(9)を撮像した画像データを入力し、この画像上の上記各パターン(9a)に対応する複数点の位置からモニタ座標系内のこの複数点の座標値を算出し、前記各離間位置でのキャリブレーションプレート(9)に対応するモニタ座標系内の上記複数点により形成される曲面(11)を近似する曲面多項式を前記算出された座標値に基づいて求め、各離間位置に対応した曲面多項式の各係数を記憶し、この後実際の測定対象物の位置計測時には、画像上の測定点(7)の位置からモニタ座標系内の測定点(7)の座標値を算出し、この算出された座標値と、上記記憶された複数の曲面多項式の各係数による複数の曲面(11)の内でのモニタ座標系内の測定点(7)をはさんだ両側の曲面(11)との位置関係に基づいて、補間によって測定点(7)のワールド座標系内の位置を算出して計測することを特徴とするステレオ法による3次元位置計測方法。

【請求項8】 請求項7に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、

前記曲面(11)を近似する曲面多項式は、滑らかな3次元多項式であることを特徴とするステレオ法による3次元位置計測方法。

【請求項9】 請求項7に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、

前記複数の撮像装置(1,2)の内、少なくとも、第1の撮

像装置(1)のレンズ光軸をワールド座標系の一軸と平行にし、かつ、第2の撮像装置(2)のレンズ光軸を上記一軸に対して傾斜させると共に、上記第1の撮像装置(1)の画像データに基づいて、上記一軸に直交するモニタ座標系の座標軸による座標値を算出し、かつ、上記第2の撮像装置(2)の画像データに基づいて、上記一軸に平行なモニタ座標系の座標軸による座標値を算出することを特徴とするステレオ法による3次元位置計測方法。

【請求項10】 請求項7に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、

前記キャリブレーションプレート(9)を複数の位置に設置するときは、ワールド座標系の一軸に直交させて設置することを特徴とするステレオ法による3次元位置計測方法。

【請求項11】 請求項8又は9に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、

前記複数の曲面(11)に対応して近似されたモニタ座標系内の各曲面多項式に基づいて、前記測定対象物の測定点(7)のワールド座標系の位置を算出するときは、上記各曲面多項式と、モニタ座標系内の測定点(7)を通り、かつ、モニタ座標系内の一軸に平行な直線式とに基づいて補間して算出することを特徴とするステレオ法による3次元位置計測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステレオ法による3次元計測装置の位置計算方法に関する。

【0002】

【従来の技術】物体の3次元的位置を計測する、いわゆる3次元計測装置においては、従来からステレオ法が多く採用されている。このステレオ法による位置計測は、複数の撮像装置により計測対象物を異なる方向から撮像し、これらの撮像データに基づいて3次元の位置座標データを求めるものである。

【0003】ステレオ法による計測方法の一つとして、上記複数の撮像装置に関する位置関係、例えば互いのレンズ光軸の成す角度等に基づいて、撮像画面上の位置データから対象物の位置を求める方法がある。例えば、特開昭62-162912号公報には、2台の撮像装置をレンズの光軸が基準面上で所定角度 $\theta$ で交差するように配設し、基準面上に設置された計測対象物をこの2台の撮像装置で撮像し、第1の撮像装置の撮像結果を基準として第2の撮像装置の撮像結果より計測対象物の所定点Pの変位を知り、この変位に基づいて上記所定点Pの前記基準面からの高さを求めることができる高さ測定装置が開示されている。すなわち、第1の撮像装置の画像上で所定点Pが位置 $X_1$ に撮像され、第2の撮像装置の画像上で所定点Pが位置 $X_2$ に撮像されたとすると、所定点Pの高さHは、例えば数式「 $H = (X_2 - X_1) / \sin$

$\theta$ 」によって求められる。

【0004】また、ステレオ法による他の計測方法として、撮像した画像上での座標(モニタ座標と呼ぶ)位置と測定対象物の実際に計測したい座標(ワールド座標と呼ぶ)位置との所定の関係から、対象物の測定位置を算出して求める方法がある。これは、予め、ワールド座標系内の位置が明確な複数の特定点の座標と、この複数の特定点を撮像した点のモニタ座標上の座標との対応を求めておき、測定対象物の計測点の実際のモニタ座標値と上記各特定点に対応する点のモニタ座標値との位置関係から、上記計測点のワールド座標上の座標を算出するものである。したがって、算出した座標の正確さは、上記予め対応させる特定点の数の多さ、つまり特定点同士の間隔の細かさによって左右されることになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記特開昭62-162912号公報に開示されたステレオ法による位置(高さ)測定方法においては、3次元の位置座標を正確に求めるために、予め前記複数の撮像装置に関する位置関係を正確に求めておく必要がある。逆に言うと、この位置関係の正確さがステレオ法による位置測定結果の精度に大きく影響することになる。通常、この位置関係は設計値及び計測値によって算出されたり、キャリブレーションによって算出されたりしている。しかしながら、この撮像装置のワールド座標系における位置関係を求めるキャリブレーション方法や測定方法は精密さが要求されるために非常に困難となっている。この結果、このキャリブレーション等の作業性が悪く、また精度の良い位置関係が得られ難いという問題がある。

【0006】また、前記のようなワールド座標系内の特定点の座標と、この特定点を撮像した点のモニタ座標上の座標との対応を予め求めておく方法においては、この方法により算出した座標の正確さは上記特定点同士の間隔の細かさによって左右されるので、非常に多くの特定点に関する情報が必要になる。したがって、多大な情報量を記憶するために非常に大容量のメモリ装置が必要となってコストアップを招くことになると共に、実際に位置測定を行う時に画像処理等のコンピュータの計算時間がかかり過ぎるという問題も生じている。

【0007】本発明は、上記の問題点に着目してなされたものであり、高精度で、かつ、簡単な3次元位置測定が可能なステレオ法による3次元位置計測装置及びその計測方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段、作用及び効果】上記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、レンズの光軸を互いに異なる方向に設置した複数の撮像装置1、2を備え、ワールド座標系内に設置された測定対象物をこの複数の撮像装置1、2で撮像した画像データを画像処理して測定点7の撮像装置内のモニタ座標系での

位置を求め、このモニタ座標位置に基づいて測定点7のワールド座標系内の位置を計測するステレオ法による3次元位置計測装置において、予め、複数のパターン9aがワールド座標系内の所定位置に描かれたキャリブレーションプレート9が所定距離ずつ離間した複数の位置に設置されたとき、このキャリブレーションプレート9の各離間位置毎に、前記複数の撮像装置1、2でキャリブレーションプレート9を撮像した画像データを入力し、この画像上の上記各パターン9aに対応する複数点の位置からモニタ座標系内のこの複数点の座標値を算出し、前記各離間位置でのキャリブレーションプレート9に対応するモニタ座標系内の上記複数点により形成される曲面11を近似する曲面多項式を前記算出された座標値に基づいて求め、各離間位置に対応した曲面多項式の各係数を記憶し、この後実際の測定対象物の位置計測時には、画像上の測定点7の位置からモニタ座標系内の測定点7の座標値を算出し、この算出された座標値と、上記記憶された複数の曲面多項式の各係数による複数の曲面11の中でモニタ座標系内の測定点7をはさんだ両側の曲面11との位置関係に基づいて、補間によって測定点7のワールド座標系の位置を算出して計測する画像処理装置5を備えた構成としている。

【0009】請求項7に記載の発明は、レンズの光軸を互いに異なる方向に設置した複数の撮像装置1、2により、ワールド座標系内に設置された測定対象物を撮像し、この撮像した画像データを画像処理して測定点7の撮像装置内のモニタ座標系での位置を求め、このモニタ座標位置に基づいて測定点7のワールド座標系内の位置を計測するステレオ法による3次元位置計測方法において、予め、複数のパターン9aがワールド座標系内の所定位置に描かれたキャリブレーションプレート9が所定距離ずつ離間した複数の位置に設置されたとき、このキャリブレーションプレート9の各離間位置毎に、前記複数の撮像装置1、2でキャリブレーションプレート9を撮像した画像データを入力し、この画像上の上記各パターン9aに対応する複数点の位置からモニタ座標系内のこの複数点の座標値を算出し、前記各離間位置でのキャリブレーションプレート9に対応するモニタ座標系内の上記複数点により形成される曲面11を近似する曲面多項式を前記算出された座標値に基づいて求め、各離間位置に対応した曲面多項式の各係数を記憶し、この後実際の測定対象物の位置計測時には、画像上の測定点7の位置からモニタ座標系内の測定点7の座標値を算出し、この算出された座標値と、上記記憶された複数の曲面多項式の各係数による複数の曲面11の中でモニタ座標系内の測定点7をはさんだ両側の曲面11との位置関係に基づいて、補間によって測定点7のワールド座標系の位置を算出して計測する方法としている。

【0010】請求項1又は7に記載の発明によると、レンズの光軸を互いに異なる方向に設置した複数の撮像装

置で測定対象物を撮像した画像データを画像処理して測定点のモニタ座標が得られるが、キャリブレーションプレートを所定距離ずつ離間した複数の位置に設置して撮像すると、キャリブレーションプレート内の複数のパターンに対応するモニタ座標内での複数点によって、キャリブレーションプレートの各設置位置毎に対応する曲面が得られる。この各曲面をそれぞれ所定の曲面多項式で近似することによって、各曲面と各曲面多項式の係数の集合とを一義的に対応させることができる。よって、予めこの係数の集合をキャリブレーションプレートの各設置位置に対応させて記憶しておき、実際の測定点の位置計測時には、測定点に対応するモニタ座標系内の座標値と、記憶された複数の曲面多項式の各係数による複数の曲面の中でモニタ座標系内の測定点をはさんだ両側の曲面との位置関係に基づいて、補間によって測定点のワールド座標系の位置が算出される。この結果、キャリブレーションプレートの各設置位置毎に各パターンのワールド座標系及びモニタ座標系での座標の対応を記憶する方法に比べて、上記各係数を記憶する方が、キャリブレーションデータの記憶データ量を情報の劣化無しに圧縮させることができるので、メモリ容量の低減及び演算時間の短縮化が可能となる。

【0011】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記曲面11を近似する曲面多項式は滑らかな3次元多項式であることを特徴としている。

【0012】請求項8に記載の発明は、請求項7に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、前記曲面11を近似する曲面多項式を滑らかな3次元多項式としている。

【0013】請求項2又は8に記載の発明によると、曲面を3次元多項式により近似しているので、近似誤差を所定の許容範囲以内に収めて精度よく近似できる。

【0014】請求項3に記載の発明は、請求項1に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記複数の撮像装置1、2の内、少なくとも、第1の撮像装置1のレンズ光軸をワールド座標系の一座標軸と平行にし、かつ、第2の撮像装置2のレンズ光軸を上記一座標軸に対して傾斜させ、前記画像処理装置5は、上記第1の撮像装置1の画像データに基づいて、上記一座標軸に直交するモニタ座標系の座標軸による座標値を算出し、かつ、上記第2の撮像装置2の画像データに基づいて、上記一座標軸に平行なモニタ座標系の座標軸による座標値を算出するようにしている。

【0015】請求項9に記載の発明は、請求項7に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、前記複数の撮像装置1、2の内、少なくとも、第1の撮像装置1のレンズ光軸をワールド座標系の一座標軸と平行にし、かつ、第2の撮像装置2のレンズ光軸を上記一座標軸に対して傾斜させると共に、上記第1の撮像装置1の

画像データに基づいて、上記一座標軸に直交するモニタ座標系の座標軸による座標値を算出し、かつ、上記第2の撮像装置2の画像データに基づいて、上記一座標軸に平行なモニタ座標系の座標軸による座標値を算出する方法としている。

【0016】請求項3又は9に記載の発明によると、第1の撮像装置での画像はワールド座標系の一座標軸に直交する平面を表しており、よって、この画像データから求められるモニタ座標系の座標値はワールド座標系の上記一座標軸に直交する他の2座標軸の座標値のものを表すことになる。また、第2の撮像装置での画像によるモニタ座標系の一座標軸は、ワールド座標系の上記一座標軸に平行となるので、モニタ座標系の上記一座標軸での座標値によって、容易にワールド座標系の上記一座標軸での座標値を算出できる。よって、ワールド座標系での各座標値を容易に算出できるので、演算処理の負荷を軽減できる。

【0017】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記複数の位置に設置される前記キャリブレーションプレート9はワールド座標系の一座標軸に直交することを特徴としている

【0018】請求項10に記載の発明は、請求項7に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、前記キャリブレーションプレート9を複数の位置に設置するときは、ワールド座標系の一座標軸に直交させて設置する方法としている。

【0019】請求項4又は10に記載の発明によると、キャリブレーションプレートをワールド座標系の一座標軸に直交させて設置するので、このキャリブレーションデータに基づいて測定点のワールド座標系の上記一座標軸での座標値を演算するとき、非常に容易に補間等によって演算できる。したがって、演算処理の負荷を軽減できる。

【0020】請求項5に記載の発明は、請求項2又は3に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記画像処理装置5が、前記複数の曲面11に対応して近似されたモニタ座標系内の各曲面多項式に基づいて、前記測定対象物の測定点7のワールド座標系の位置を算出するときは、上記各曲面多項式と、モニタ座標系内の測定点7を通り、かつ、モニタ座標系内の一座標軸に平行な直線を表す式とに基づいて、前記曲面11とこの直線との交点の座標値を求め、この交点の座標値を補間して測定点7のワールド座標系の位置を算出するようにしている。

【0021】請求項11に記載の発明は、請求項8又は9に記載のステレオ法による3次元位置計測方法において、前記複数の曲面11に対応して近似されたモニタ座標系内の各曲面多項式に基づいて、前記測定対象物の測定点7のワールド座標系の位置を算出するときは、上記

各曲面多項式と、モニタ座標系内の測定点7を通り、かつ、モニタ座標系内の一座標軸に平行な直線を表す式とに基づいて、前記曲面11とこの直線との交点の座標値を求め、この交点の座標値間を補間して測定点7のワールド座標系の位置を算出する方法としている。

【0022】請求項5又は11に記載の発明によると、測定点のワールド座標系の位置を算出するときは、キャリブレーションデータとして記憶された係数により表される曲面多項式と、モニタ座標系内の測定点を通り、かつ、モニタ座標系内の一座標軸に平行な直線を表す式とに基づいて、簡単な計算により前記曲面と前記直線との交点の座標値が求められ、この交点の座標値間を補間することによって測定点のワールド座標系の位置が算出される。したがって、演算処理の負荷を軽減できる。

【0023】請求項6に記載の発明は、請求項1～5に記載のステレオ法による3次元位置計測装置において、前記複数の撮像装置1、2の内、少なくとも1台は斜めCCDカメラ装置であることを特徴としている。

【0024】請求項6に記載の発明によると、斜めCCDカメラ装置を使用するので、測定対象物の画像データの深度が深く撮像される。よって、画像データを画像処理してモニタ座標系での座標を算出するとき、精度良く算出できるので、位置計測の精度を向上できる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、実施形態を説明する。図1は、本発明に係わるステレオ法による3次元位置計測装置の構成を示している。まず、測定対象物8が設置されている空間内にワールド座標系の互いに直交する所定の座標軸X、Y、Zを設けており、本3次元位置計測装置によって、測定対象物8の測定点7のワールド座標系での座標位置を計測することを考える。ステレオ法により計測するために、ここでは2台の撮像装置1、2と、これに対応する2台の画像表示装置（以後、モニタ装置と言う）3、4と、画像処理装置5とを備えている。第1の撮像装置1のレンズ光軸はワールド座標系の一座標軸（ここでは、Z軸）の方向に平行に設置され、また、第2の撮像装置2のレンズ光軸は上記一座標軸（ここでは、Z軸）の方向に対して所定角度を成すように設置されている。なお、第2の撮像装置2は、その撮像面をこのレンズ光軸に対して斜めに設定した斜めCCD装置としてもよい。

【0026】各撮像装置1、2からの撮像信号は画像処理装置5によって画像処理され、それぞれの画像がモニタ装置3、4に表示される。いま、モニタ装置3によって表示される画像上での座標軸をP、Qとし、またモニタ装置4によって表示される画像上での座標軸をR、Sとする。このとき、座標軸P、Qは、第1の撮像装置1のレンズ光軸と平行なワールド座標系の一座標軸（ここでは、Z軸）に直交する平面（X-Y平面）と平行な面を表す座標軸となっている。また、座標軸R、Sの内の

いずれか一方(ここでは、R軸)は、ワールド座標系の上記座標軸(ここでは、Z軸)に平行になるように設定されている。

【0027】画像処理装置5は、測定点7の撮像信号を撮像装置1、2から入力して画像処理し、各画像をモニタ装置3、4にそれぞれ出力するとともに、測定点7の座標軸P、Qによる座標位置と座標軸R、Sによる座標位置とに基づいて、測定点7のワールド座標系での座標位置を演算している。この画像処理装置5は、通常のマイクロコンピュータ等のコンピュータ装置を主体にして構成されている。また、画像処理装置5には、位置計測のために必要なキャリブレーションデータを予め計測前に記憶しておくメモリが設けられている。

【0028】次に、画像処理装置5の処理内容をその手順に従って説明する。本発明に係わるステレオ法による3次元位置計測装置においては、予め、ワールド座標系での座標位置が規定されている複数の点を第1及び第2の撮像装置1、2によってそれぞれ撮像し、このワールド座標系での座標位置と座標軸P、Qによる座標位置と座標軸R、Sによる座標位置との対応関係を表すデータ(これを、キャリブレーションデータと呼ぶ)を記憶しておく。そして、実際の測定点7の位置計測時には、画像上での測定点7に対応する点の座標位置と、上記キャリブレーションデータとに基づいて補間演算し、ワールド座標系での測定点7の座標位置を求めている。

【0029】まず、キャリブレーションデータの作成方法を図2～図5に基づいて説明する。図2において、キャリブレーションプレート9は、所定の平らな基盤上に互いの位置関係(位置、又は距離及び方向)が規定された複数のパターン9aが描かれたものである。このパターン9aは撮像装置1、2により判別可能なものであればよく、例えば、不透明基板上に感光やメッキ、エッチング等の手段によって所定の大きさの黒い円形図形が描かれる。同図では、複数の黒い円形図形が所定間隔で所定位置に描かれている。そして、このキャリブレーションプレート9は、ワールド座標系の第1の撮像装置1のレンズ光軸と平行な座標軸(Z軸)に垂直に設置されている。第1及び第2の撮像装置1、2によってキャリブレーションプレート9を撮像し、画像処理装置5によって各パターン9aの画像処理を行って各パターン9aの座標軸P、Qによる座標位置データ及び座標軸R、Sによる座標位置データをそれぞれ算出する。さらに、図3に示すようにキャリブレーションプレート9のZ軸方向の位置を所定距離間隔でずらし、この複数個所でキャリブレーションプレート9を撮像し、各Z軸位置に対応した各パターン9aの上記座標軸P、Q及び座標軸R、Sによる座標位置データをそれぞれ算出する。なお、上記所定距離間隔は、一定の間隔であってもよく、あるいは、精度良く計測したい位置によっては間隔を小さくするなどして、それぞれ異なる間隔であってもよい。

【0030】ここで、前述のように、座標軸P、Qと座標軸X、Yとは平行であるので、座標軸P、Qによる座標位置データから座標軸X、Yによる座標位置データを簡単な変換式によって求めることができる。また、座標軸R、Sの内、座標軸Rは座標軸Zに平行であるので、座標軸Rによる座標位置データは座標軸Zによる位置情報と多く含んでいることになる。したがって、このことから、座標軸P、Q、Rで張られる空間をモニタ座標系と呼び、以後、このモニタ座標系による座標位置データを使用してワールド座標系での座標位置を算出する。

【0031】上記キャリブレーションプレート9上の複数のパターン9aに対応するモニタ座標系での複数の点は、図4に示されるように、モニタ座標系で所定の平面もしくは曲面11(説明の都合上、以後、統一して曲面11と呼ぶ)を形成している。一般的に、このモニタ座標系での面は曲面となる。したがって、上記複数のキャリブレーションプレート9に対応して、図5に示されるように複数の曲面11が形成される。この得られた各曲面11は連続性が保たれているので、何らかの近似手法を用いて、各曲面11を例えば2次元多項式等の所定の曲面多項式によって近似することができる。ここで、2次元多項式を数式「 $R = a_1 \cdot P^2 + a_2 \cdot Q^2 + a_3 \cdot PQ + a_4 \cdot P + a_5 \cdot Q + a_6$ 」で表すと、一つの曲面11はこの係数 $a_1 \sim a_6$ の集合と一義的に対応させることができる。よって、上記複数の曲面11毎の各パターン9aの位置座標データを記憶する代わりに、各曲面11に対応した係数 $a_1 \sim a_6$ の各集合をキャリブレーションデータとして記憶しておくことにより、記憶するデータ量を情報の劣化無しに圧縮でき、メモリ容量を減少させることができる。

【0032】次に、実際の位置計測時において、キャリブレーションデータに基づいて測定点7のワールド座標系での位置座標を算出する方法を図6～図9を参照して説明する。いま、測定点7を2台の撮像装置によって撮像した結果、図6に示すように測定点7のモニタ座標系での位置座標( $p_0, q_0, r_0$ )が求められたとする。この位置座標( $p_0, q_0$ )により、簡単な変換式を用いてワールド座標系の座標軸X、Yによる座標位置データを求めることができる。また、座標値 $r_0$ に基づいて、以下のようにして座標軸Zによる座標位置データが求められる。

【0033】すなわち、最初に、図7に示すように、数式「 $p = p_0$ 、かつ、 $q = q_0$ 」で表される直線と、前記予め記憶されているキャリブレーションデータの係数 $a_1 \sim a_6$ の各集合に対応する複数の曲面11との交点のR軸位置座標を算出する。そして、図8のように、この算出した各交点のR軸位置座標の内、前記位置座標( $p_0, q_0, r_0$ )の点と各交点との距離が近い順に2つのR軸位置座標(ここでは、 $r_1$ 及び $r_2$ とする)を選出する。この2つのR軸位置座標は、前記位置座標( $p$

11

0, q0, r0) の点を間にはさんでいる両側の曲面11の内部にある交点のR軸位置座標を表している。次に、数式1によって、上記位置座標r0と上記2つのR軸位置座標r1, r2との差の絶対値の比Hを求める。

【数1】 $H = |r1 - r0| : |r2 - r0| = m : n$   
隣接する曲面11間の距離は小さいので、上記比Hはワールド座標系内においてもほぼ等しい値となる。よって、図9に示すように、測定点7のワールド座標系におけるZ軸座標位置データは、上記R軸位置座標r1, r2にそれぞれ対応する2つのキャリブレーションプレート9のZ軸座標値間を上記の比Hで分割して求めることができる。

【0034】以上説明したように、位置計測する前に、キャリブレーションのために、相互の位置関係が規定された複数のパターンが描かれた平面状のキャリブレーションプレート9を2つの撮像装置1, 2で撮像し、画像処理によって各パターンに対応するモニタ座標系での座標位置を求める。2つの撮像装置1, 2の内、第1の撮像装置1のレンズ光軸はワールド座標系の一座標軸（ここでは、Z軸）に平行となるように配設し、第2の撮像装置2のレンズ光軸はこの一座標軸にたいして所定角度で傾けて配設している。よって、第1の撮像装置1の撮像データによって変換される座標軸P, Qはワールド座標系の上記一座標軸に直交する平面と平行となるので、測定点7のワールド座標系その他の2つの座標軸による座標位置を容易に求めることができる。また、第2の撮像装置1の撮像データによって変換される座標軸R, Sの内的一方（ここでは、R軸）は、ワールド座標系の上記一座標軸に関する情報を多く含むことになる。このことから、座標軸P, Q, Rによりモニタ座標系を構成し、このモニタ座標系での測定点7の座標値からワールド座標系の位置を計測している。

【0035】上記キャリブレーションプレート9は上記一座標軸に垂直に設置され、かつ、所定距離毎にずらした複数の位置で撮像される。そして、この複数の位置に対応して、モニタ座標系での各パターンの点の集合により、複数の曲面11が互いに交差することなく形成される。この各曲面11は曲面を表す所定の多項式（例えば、2次元多項式）により近似されるので、このときの多項式の各係数a1~a6の集合は一義的に対応する曲面11を表すことができる。したがって、複数の曲面11に対応させてこの係数a1~a6の集合をキャリブレーションデータとして記憶することにより、記憶データの圧縮が可能となり、また、キャリブレーションデータに基づく演算処理時間を短縮化することができる。

【0036】実際の位置計測時には、測定点7のモニタ座標系での位置座標(p0, q0, r0)と上記キャリブレーションデータとに基づいて、ワールド座標系での位置座標が算出される。すなわち、位置座標(p0, q0)からワールド座標系の位置座標(X0, Y0)が容

12

易に求められる。また、数式「 $p = p0$ 、かつ、 $q = q0$ 」で表される直線と、係数a1~a6の各集合に対応する複数の曲面11との交点のR軸位置座標を算出し、この内で位置座標(p0, q0, r0)の点に最も近い2つの曲面11との交点のR軸位置座標r1, r2を選出し、前記数式1によって、位置座標r0と2つのR軸位置座標r1, r2との差の絶対値の比Hを求める。そして、このR軸位置座標r1, r2に対応する2つの曲面11のZ軸座標値間を上記の比Hで分割することにより、測定点7のワールド座標系での位置座標Z0が求められる。したがって、2台の撮像装置1, 2間の位置関係を計測すること無しに、高精度に、かつ、簡単に3次元位置測定ができる。

【0037】また、同一のキャリブレーションプレート上の複数のパターン9aを撮像したときの画像上の複数の点を画像処理して求められたモニタ座標系での位置座標データは、それ自体画像処理時の演算誤差等を含んでいる。したがって、この位置座標データをキャリブレーションデータとして直接用いて、補間によってワールド座標系の位置を演算したときは、上記誤差の影響を受け易くなり、精度を損ねる可能性がある。上記のように本発明によれば、モニタ座標系上の上記複数の点の集合を曲面で近似補間するので、上記誤差が補正され、よって高精度の計測が可能となる。

【0038】なお、モニタ座標系上の上記複数の点の集合により形成される曲面は理論的には2次曲面となるので、厳密に言うと、この曲面を2次曲面で近似しなければならない。しかし、本発明は2次曲面に限定するものでなく、近似が所定の近似誤差内に収まるのであれば、例えば3次曲面等のような更に高次の多次元曲面で近似してもよい。これによって、実際の計測装置の構成が何らかの原因で理論と大きく異なって2次曲面で近似できない場合でも、所定の多次元曲面により近似することが可能となる。また、更に言えば、近似が所定の近似誤差内に収まるのであれば、どのような曲面式を用いて近似してもよい。

【0039】また、以上で記述した計測方法を組み込んだソフトウェアは、フロッピーディスクを、該ソフトウェアを格納する電子データ記録媒体にして、流通配布される。該電子データ記録媒体はフロッピーディスクに限られるものではなく、例えばハードディスク、ICカード又はCDROM等でもよい。また、流通配布の形態も、電子データ記録媒体による流通のみではなく、前記ソフトウェアを利用するハードウェアと、上記ソフトウェアが収納されている開発機器、例えば開発用のパーソナルコンピュータとを、公衆回線やネットワークを経由して接続して流通配布する形態を取ってもよい。前記流通配布の際には、前記ソフトウェアを利用するハードウェア、例えば、専用の検査装置や、パーソナルコンピュータと電子カメラとを接続した装置等にインストールす

るためのインストーラを添付して流通配布してもよく、前記計測方法を組み込んだソフトウェアを容量圧縮したデータを流通配布してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる3次元位置計測装置の構成を示す。

【図2】本発明に係わるキャリブレーションプレートの説明図である。

【図3】本発明に係わるキャリブレーションプレートの設置位置の説明図である。

【図4】本発明に係わるキャリブレーションプレートに対応するモニタ座標系での曲面の説明図である。

【図5】本発明に係わるキャリブレーションプレートの複数位置に対応するモニタ座標系での複数の曲面の説明図である。

【図6】本発明に係わる測定点のモニタ座標系での位置の説明図である。

【図7】本発明に係わる測定点のモニタ座標系でのR軸\*

\*位置座標の算出方法説明図である。

【図8】本発明に係わる測定点のモニタ座標系でのR軸位置座標の算出方法説明図である。

【図9】本発明に係わる測定点のワールド座標系でのZ軸位置座標の算出方法説明図である。

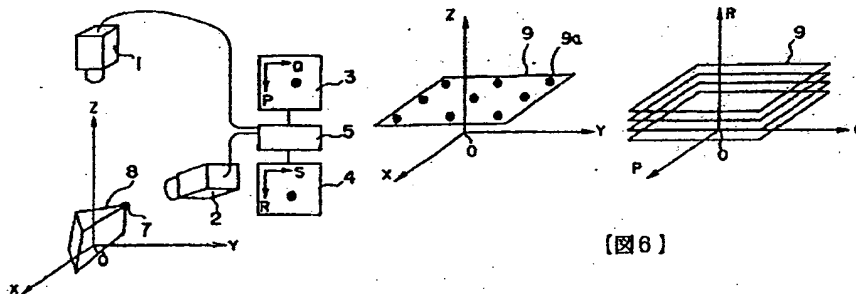
【符号の説明】

- 1 第1の撮像装置
- 2 第2の撮像装置
- 3、4 モニタ装置
- 10 画像処理装置
- 7 測定点
- 8 測定対象物
- 9 キャリブレーションプレート
- 9a パターン
- 11 曲面
- X、Y、Z ワールド座標軸
- P、Q、R、S モニタ座標軸

【図1】

【図2】

【図3】

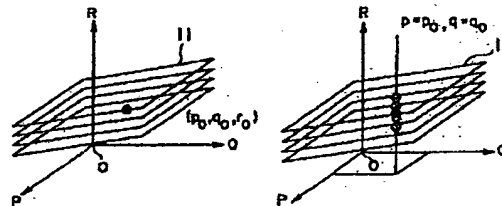
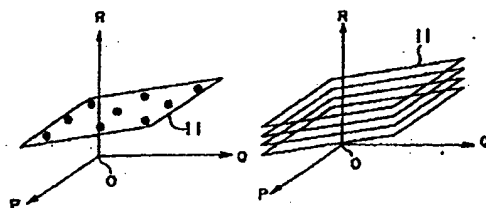


【図6】

【図7】

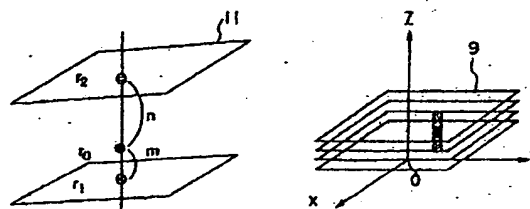
【図4】

【図5】



【図8】

【図9】





## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

Bibliography

---

- (19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)
- (12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)
- (11) [Publication No.] JP, 10-221066, A
- (43) [Date of Publication] August 21, Heisei 10 (1998)
- (54) [Title of the Invention] The three-dimension location metering device by the stereo method, and its measurement approach
- (51) [International Patent Classification (6th Edition)]

G01C 3/06  
G01B 11/00  
G06T 7/00

## [FI]

G01C 3/06 V  
G01B 11/00 H  
G06F 15/62 415

- [Request for Examination] Un-asking.
- [The number of claims] 11
- [Mode of Application] FD
- [Number of Pages] 8
- (21) [Application number] Japanese Patent Application No. 9-34275
- (22) [Filing date] February 4, Heisei 9 (1997)
- (71) [Applicant]  
[Identification Number] 000001236  
[Name] Komatsu, Ltd.  
[Address] 2-3-6, Akasaka, Minato-ku, Tokyo
- (72) [Inventor(s)]  
[Name] Ueda Takahiro  
[Address] 1200, Manda, Hiratsuka-shi, Kanagawa-ken Inside of Komatsu Lab
- (74) [Attorney]  
[Patent Attorney]  
[Name] Hashizume Yoshihiko

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

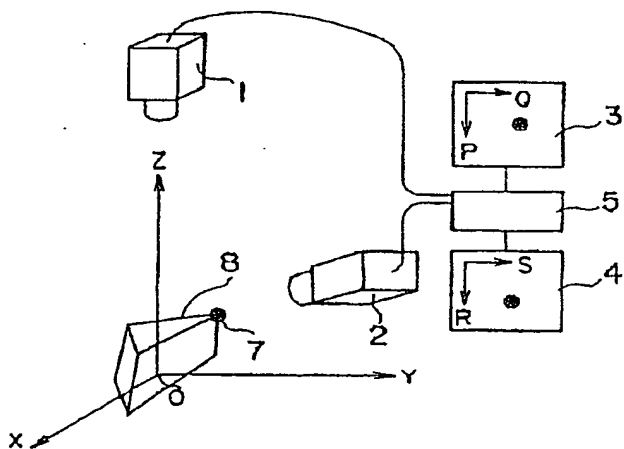
## Epitome

(57) [Abstract] (\*\*\*\*\*)

[Technical problem] The three-dimension location metering device by the stereo method in which easy highly precise and three-dimension location measurement is possible, and its measurement approach are offered.

[Means for Solution] The image data picturized with two or more image pick-up equipments is inputted, and it is the image processing of this image data. The coordinate value of two or more points corresponding to each pattern in the monitor system of coordinates in image pick-up equipment is computed. It asks for the curved-surface polynomial which approximates each curved surface formed by two or more [ in the monitor system of coordinates corresponding to the plate in a location ] based on said computed coordinate value. each -- alienation -- Each multiplier of the curved-surface polynomial corresponding to a location is memorized. each -- alienation -- at the time of actual location measurement The coordinate value in the monitor system of coordinates of point of measurement 7 is computed, and based on the physical relationship of this coordinate value and the curved surface of the both sides which faced across the point of measurement 7 in monitor system of coordinates among two or more curved surfaces depended on each multiplier by which storage was carried out [ above-mentioned ], the world coordinate location of point of measurement 7 is computed with interpolation, and it measures.

[Translation done.]



[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] Two or more image pick-up equipments which installed the optical axis of a lens in the mutually different direction (1 2) It has. They are two or more of these image pick-up equipments (1 2) about the measuring object object installed in the world coordinate. The image processing of the picturized image data is carried out, and it is point of measurement (7). It asks for the location in the monitor system of coordinates in image pick-up equipment. It is based on this monitor coordinate location, and is point of measurement (7). In the three-dimension location metering device by the stereo method which measures the location in a world coordinate Calibration plate with which two or more patterns (9a) were beforehand drawn on the predetermined location in a world coordinate (9) Predetermined distance every When installed in two or more estranged locations, this calibration plate (9) each -- alienation -- every location -- said two or more image pick-up equipments (1 2) Calibration plate (9) The picturized image data is inputted. This coordinate value of two or more points in monitor system of coordinates is computed from the location of two or more points corresponding to each above-mentioned pattern on this image (9a). said -- each -- alienation -- calibration plate (9) in a location It asks for the curved-surface polynomial which approximates the curved surface (11) formed of two or more points in corresponding monitor system of coordinates describing above based on said computed coordinate value. Each multiplier of the curved-surface polynomial corresponding to a location is memorized. each -- alienation -- after this at the time of location measurement of an actual measuring object object Point of measurement on an image (7) Point of measurement in [ a location to ] monitor system of coordinates (7) A coordinate value is computed. This computed coordinate value, It is the point of measurement in monitor system of coordinates (7) among two or more curved surfaces (11) depended on each multiplier of two or more curved-surface polynomials by which storage was carried out [ above-mentioned ]. It is based on physical relationship with the curved surface (11) of the inserted both sides. It is point of measurement (7) by interpolation. Image processing system which computes and measures the location of a world coordinate (5) Three-dimension location metering device by the stereo method characterized by having.

[Claim 2] The curved-surface polynomial which approximates said curved surface (11) in the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1 is a three-dimension location metering device by the stereo method characterized by being a smooth three-dimension polynomial.

[Claim 3] It sets to the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1, and they are said two or more image pick-up equipments (1 2). Inside, At least, it is the 1st image pick-up equipment (1). One axis of coordinates of a world coordinate is set as a lens optical axis at parallel. and 2nd image pick-up equipment (2) a lens optical axis is inclined to a top Norikazu axis of coordinates -- making -- said image processing system (5) Image pick-up equipment of the above 1st (1) Based on image data, the coordinate value by the axis of coordinates of the monitor system of coordinates which intersect perpendicularly with the one above-mentioned axis of coordinates is computed. And image pick-up equipment of the above 2nd (2) Three-dimension location metering device by the stereo method characterized by computing the coordinate value by the axis of coordinates of monitor system of coordinates parallel to the one above-mentioned axis of coordinates based on image data.

[Claim 4] Said calibration plate installed in said two or more locations in the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1 (9) Three-dimension location metering device by the stereo method characterized by intersecting perpendicularly with one

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

axis of coordinates of a world coordinate.

[Claim 5] In the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 2 or 3 Said image processing system (5) It is based on each curved-surface polynomial in the monitor system of coordinates approximated corresponding to said two or more curved surfaces (11), and is the point of measurement (7) of said measuring object object. When computing the location of a world coordinate, each above-mentioned curved-surface polynomial, The three-dimension location metering device by the stereo method characterized by interpolating and computing the point of measurement in monitor system of coordinates (7) based on a straight-line type parallel to a passage and one axis of coordinates in monitor system of coordinates.

[Claim 6] It sets to the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1 to 5, and they are said two or more image pick-up equipments (1 2). It is a three-dimension location metering device by the stereo method characterized by inside and at least one set being slanting CCD camera equipment.

[Claim 7] two or more image pick-up equipments (1 2) which installed the optical axis of a lens in the mutually different direction The measuring object object installed in the world coordinate is picturized, the image processing of this picturized image data is carried out, and it is point of measurement (7). It asks for the location in the monitor system of coordinates in image pick-up equipment. It is based on this monitor coordinate location, and is point of measurement (7). In the three-dimension location measurement approach by the stereo method which measures the location in a world coordinate Calibration plate with which two or more patterns (9a) were beforehand drawn on the predetermined location in a world coordinate (9) Predetermined distance every When installed in two or more estranged locations, this calibration plate (9) each -- alienation -- every location -- said two or more image pick-up equipments (1 2) Calibration plate (9) The picturized image data is inputted. This coordinate value of two or more points in monitor system of coordinates is computed from the location of two or more points corresponding to each above-mentioned pattern on this image (9a). said -- each -- alienation -- calibration plate (9) in a location It asks for the curved-surface polynomial which approximates the curved surface (11) formed of two or more points in corresponding monitor system of coordinates describing above based on said computed coordinate value. Each multiplier of the curved-surface polynomial corresponding to a location is memorized. each -- alienation -- after this at the time of location measurement of an actual measuring object object Point of measurement on an image (7) Point of measurement in [ a location to ] monitor system of coordinates (7) A coordinate value is computed. This computed coordinate value, It is the point of measurement in monitor system of coordinates (7) among two or more curved surfaces (11) depended on each multiplier of two or more curved-surface polynomials by which storage was carried out [ above-mentioned ]. It is based on physical relationship with the curved surface (11) of the inserted both sides. It is point of measurement (7) by interpolation. The three-dimension location measurement approach by the stereo method characterized by computing and measuring the location of a world coordinate.

[Claim 8] The curved-surface polynomial which approximates said curved surface (11) in the three-dimension location measurement approach by the stereo method according to claim 7 is the three-dimension location measurement approach by the stereo method characterized by being a smooth three-dimension polynomial.

[Claim 9] It sets to the three-dimension location measurement approach by the stereo method according to claim 7, and they are said two or more image pick-up equipments (1 2). Inside, At least, it is the 1st image pick-up equipment (1). One axis of coordinates of a world coordinate is set as a lens optical axis at parallel, and it is the 2nd image pick-up equipment (2). While making a lens optical axis incline to a top Norikazu axis of coordinates Image pick-up equipment of the above 1st (1) Based on image data, the coordinate value by the axis of coordinates of the monitor system of coordinates which intersect perpendicularly with the one above-mentioned axis of coordinates is computed. And image pick-up equipment of the above 2nd (2) The three-dimension location measurement approach by the stereo method characterized by computing the coordinate value by the axis of coordinates of monitor system of coordinates parallel to the one

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



above-mentioned axis of coordinates based on image data.

[Claim 10] It sets to the three-dimension location measurement approach by the stereo method according to claim 7, and is said calibration plate (9). It is the three-dimension location measurement approach by the stereo method characterized by making it intersect perpendicularly with one axis of coordinates of a world coordinate, and installing when installing in two or more locations.

[Claim 11] In the three-dimension location measurement approach by the stereo method according to claim 8 or 9 It is based on each curved-surface polynomial in the monitor system of coordinates approximated corresponding to said two or more curved surfaces (11), and is the point of measurement (7) of said measuring object object. When computing the location of a world coordinate Each above-mentioned curved-surface polynomial and point of measurement in monitor system of coordinates (7) A passage and the three-dimension location measurement approach by the stereo method characterized by interpolating and computing based on a straight-line type parallel to one axis of coordinates in monitor system of coordinates.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the location count approach of the three-dimension metering device by the stereo method.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the so-called three-dimension metering device which measures an objective three-dimension-location, many stereo methods are adopted from the former. The location measurement by this stereo method is picturized from the direction which changes a measurement object with two or more image pick-up equipments, and asks for the position-coordinate data of a three dimension based on these image pick-up data.

[0003] Based on the include angle which the physical relationship about two or more above-mentioned image pick-up equipments, for example, a mutual lens optical axis, accomplishes as one of the measurement approaches by the stereo method, there is a method of asking for the location of an object from the location data on an image pick-up screen. for example, to JP,62-162912,A Two image pick-up equipments are arranged so that the optical axis of a lens may cross at the predetermined include angle theta on datum level. Picturize the measurement object installed on datum level with these two image pick-up equipments, and the variation rate of the predetermined point P of a measurement object is got to know from the image pick-up result of the 2nd image pick-up equipment on the basis of the image pick-up result of the 1st image pick-up equipment. The height measuring device which can ask for said elevation of the predetermined point P describing above based on this variation rate is indicated. That is, the predetermined point P is a location X1 on the image of the 1st image pick-up equipment. It is picturized and the predetermined point P is a location X2 on the image of the 2nd image pick-up

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

equipment. Supposing it is picturized, height H of the predetermined point P will be called for with a formula " $H=(X2-X1)/\sin \theta$ ."

[0004] Moreover, there is a method of computing and asking for the measuring point of an object as other measurement approaches by the stereo method from the predetermined relation between the coordinate (it being called monitor coordinate) location on the picturized image and a coordinate (it being called world coordinate) location measuring to the actual condition of a measuring object object. This asks for correspondence with the coordinate of two or more specifying points with the clear location in a world coordinate, and the coordinate on the monitor coordinate of the point which picturized two or more of these specifying points beforehand, and computes the coordinate on the world coordinate of the above-mentioned measure point from the physical relationship of the actual monitor coordinate value of the measure point of a measuring object object, and the monitor coordinate value of the point corresponding to each above-mentioned specifying point. therefore, the accuracy of the computed coordinate -- the account of a top -- it will be influenced by the fineness of the numerousness of the number of specifying points made to correspond beforehand, i.e., spacing of specifying points.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the location (height) measuring method by the stereo method indicated by said JP,62-162912,A, in order to search for the position coordinate of a three dimension correctly, it is necessary to search for correctly the physical relationship about said two or more image pick-up equipments beforehand. Conversely, when it says, the accuracy of this physical relationship will influence greatly the precision of the location measurement result by the stereo method. Usually, this physical relationship is computed by a design value and the measurement value, or is computed by the calibration. However, since precision is required, the calibration approach and measuring method which search for the physical relationship in the world coordinate of this image pick-up equipment are very difficult. Consequently, there is a problem that accurate physical relationship is hard to be acquired, bad [workability, such as this calibration, ].

[0006] Moreover, since the accuracy of the coordinate which computed correspondence with the coordinate of the specifying point in the above world coordinates and the coordinate on the monitor coordinate of the point which picturized this specifying point by this approach in the approach of searching for beforehand is influenced by the fineness of spacing of the above-mentioned specifying points, the information about very many specifying points is needed. Therefore, in order to memorize great amount of information, while a very mass memory apparatus will be needed and a cost rise will be caused, when actually performing location measurement, the problem that the computation time of computers, such as an image processing, starts too much is also produced.

[0007] This invention is made paying attention to the above-mentioned trouble, and aims at offering the three-dimension location metering device by the stereo method in which easy highly precise and three-dimension location measurement is possible, and its measurement approach.

[0008]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to attain the above-mentioned purpose, invention according to claim 1 It has two or more image pick-up equipments 1 and 2 which installed the optical axis of a lens in the mutually different direction. Carry out the image processing of the image data which picturized the measuring object object installed in the world coordinate with two or more of these image pick-up equipments 1 and 2, and it asks for the location in the monitor system of coordinates in the image pick-up equipment of point of measurement 7. In the three-dimension location metering device by the stereo method which measures the location in the world coordinate of point of measurement 7 based on this monitor coordinate location The calibration plate 9 with which two or more pattern 9a was drawn on the predetermined location in a world coordinate predetermined distance every beforehand When installed in two or more estranged locations, The image data which picturized the calibration plate 9 with said two or more image pick-up equipments 1 and 2 is inputted for every location. this calibration plate 9 -- each -- alienation -- This coordinate value of two or more points in monitor system of coordinates is computed from the location of two or more points

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

corresponding to each above-mentioned pattern 9a on this image. It asks for the curved-surface polynomial which approximates the curved surface 11 formed of two or more points in the monitor system of coordinates corresponding to the calibration plate 9 in a location describing above based on said computed coordinate value. said -- each -- alienation -- Each multiplier of the curved-surface polynomial corresponding to a location is memorized. each -- alienation -- after this at the time of location measurement of an actual measuring object object The coordinate value of the point of measurement 7 in monitor system of coordinates is computed from the location of the point of measurement 7 on an image. This computed coordinate value, It is considering as the configuration equipped with the image processing system 5 which computes and measures the location of the world coordinate of point of measurement 7 with interpolation based on physical relationship with the curved surface 11 of the both sides which faced across the point of measurement 7 in monitor system of coordinates among two or more curved surfaces 11 depended on each multiplier of two or more curved-surface polynomials by which storage was carried out [ above-mentioned ].

[0009] Invention according to claim 7 with two or more image pick-up equipments 1 and 2 which installed the optical axis of a lens in the mutually different direction Picturize the measuring object object installed in the world coordinate, carry out the image processing of this picturized image data, and it asks for the location in the monitor system of coordinates in the image pick-up equipment of point of measurement 7. In the three-dimension location measurement approach by the stereo method which measures the location in the world coordinate of point of measurement 7 based on this monitor coordinate location The calibration plate 9 with which two or more pattern 9a was drawn on the predetermined location in a world coordinate predetermined distance every beforehand When installed in two or more estranged locations, The image data which picturized the calibration plate 9 with said two or more image pick-up equipments 1 and 2 is inputted for every location. this calibration plate 9 -- each -- alienation -- This coordinate value of two or more points in monitor system of coordinates is computed from the location of two or more points corresponding to each above-mentioned pattern 9a on this image. It asks for the curved-surface polynomial which approximates the curved surface 11 formed of two or more points in the monitor system of coordinates corresponding to the calibration plate 9 in a location describing above based on said computed coordinate value. said -- each -- alienation -- Each multiplier of the curved-surface polynomial corresponding to a location is memorized. each -- alienation -- after this at the time of location measurement of an actual measuring object object The coordinate value of the point of measurement 7 in monitor system of coordinates is computed from the location of the point of measurement 7 on an image. This computed coordinate value, It is considering as the approach of computing and measuring the location of the world coordinate of point of measurement 7 with interpolation based on physical relationship with the curved surface 11 of the both sides which faced across the point of measurement 7 in monitor system of coordinates among two or more curved surfaces 11 depended on each multiplier of two or more curved-surface polynomials by which storage was carried out [ above-mentioned ].

[0010] According to invention according to claim 1 or 7, carry out the image processing of the image data which picturized the measuring object object with two or more image pick-up equipments which installed the optical axis of a lens in the mutually different direction, and the monitor coordinate of point of measurement is acquired, but If a calibration plate is installed in two or more locations estranged predetermined distance every and is picturized, the curved surface which corresponds for every installation location of a calibration plate will be acquired by two or more points within the monitor coordinate corresponding to two or more patterns in a calibration plate. Each curved surface and the set of the multiplier of each curved-surface polynomial can be made to correspond uniquely by approximating each of this curved surface by the predetermined curved-surface polynomial, respectively. Therefore, beforehand, the set of this multiplier is made to correspond to each installation location of a calibration plate, and is memorized, and the location of the world coordinate of point of measurement is computed by interpolation based on physical relationship with the curved surface of the both sides which faced across the point of measurement in monitor system of coordinates among the coordinate

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

value in the monitor system of coordinates corresponding to point of measurement, and two or more curved surfaces depended on each multiplier of two or more memorized curved-surface polynomials at the time of location measurement of actual point of measurement. Consequently, since it can be made to compress without [ direction ] informational degradation [ amount of data / calibration data storage ] compared with the approach of memorizing correspondence of the coordinate in the world coordinate and monitor system of coordinates of each pattern for every installation location of a calibration plate memorizing each above-mentioned multiplier, reduction of memory space and shortening of the operation time are attained.

[0011] The curved-surface polynomial to which invention according to claim 2 approximates said curved surface 11 in the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1 is characterized by being a smooth three-dimension polynomial.

[0012] Invention according to claim 8 makes the curved-surface polynomial which approximates said curved surface 11 the smooth three-dimension polynomial in the three-dimension location measurement approach by the stereo method according to claim 7.

[0013] [0014] which stores an approximation error within predetermined tolerance and can approximate it with a sufficient precision since the curved surface is approximated by the three-dimension polynomial according to invention according to claim 2 or 8 In the three-dimension location metering device according [ invention according to claim 3 ] to the stereo method according to claim 1 One axis of coordinates of a world coordinate is set as the lens optical axis of the 1st image pick-up equipment 1 at least at parallel among said two or more image pick-up equipments 1 and 2. The lens optical axis of the 2nd image pick-up equipment 2 is made to incline to a top Norikazu axis of coordinates. And said image processing system 5 Based on the image data of the image pick-up equipment 1 of the above 1st, he computes the coordinate value by the axis of coordinates of the monitor system of coordinates which intersect perpendicularly with the one above-mentioned axis of coordinates, and is trying to compute the coordinate value by the axis of coordinates of monitor system of coordinates parallel to the one above-mentioned axis of coordinates based on the image data of the image pick-up equipment 2 of the above 2nd.

[0015] In the three-dimension location measurement approach according [ invention according to claim 9 ] to the stereo method according to claim 7 Among said two or more image pick-up equipments 1 and 2, at least, while setting one axis of coordinates of a world coordinate as the lens optical axis of the 1st image pick-up equipment 1 at parallel and making the lens optical axis of the 2nd image pick-up equipment 2 incline to a top Norikazu axis of coordinates It is considering as the approach of computing the coordinate value by the axis of coordinates of the monitor system of coordinates which intersect perpendicularly with the one above-mentioned axis of coordinates based on the image data of the image pick-up equipment 1 of the above 1st, and computing the coordinate value by the axis of coordinates of monitor system of coordinates parallel to the one above-mentioned axis of coordinates based on the image data of the image pick-up equipment 2 of the above 2nd.

[0016] According to invention according to claim 3 or 9, the image in the 1st image pick-up equipment expresses the flat surface which intersects perpendicularly with one axis of coordinates of a world coordinate, and, therefore, the coordinate value of the monitor system of coordinates called for from this image data will express the coordinate value of other two axes of coordinates which intersect perpendicularly with a world coordinate top Norikazu axis of coordinates itself. Moreover, since one axis of coordinates of the monitor system of coordinates by the image in the 2nd image pick-up equipment becomes parallel to a world coordinate top Norikazu axis of coordinates, it can compute the coordinate value in a world coordinate top Norikazu axis of coordinates easily with the coordinate value in a monitor system-of-coordinates top Norikazu axis of coordinates. Therefore, since each coordinate value in a world coordinate is easily computable, the load of data processing is mitigable.

[0017] Said calibration plate 9 with which invention according to claim 4 is installed in said two or more locations in the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1 is [0018] characterized by intersecting perpendicularly with one axis of coordinates of a world coordinate. In the three-dimension location measurement approach by the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



stereo method according to claim 7, invention according to claim 10 is taken as the approach of making intersect perpendicularly with one axis of coordinates of a world coordinate, and installing, when installing said calibration plate 9 in two or more locations.

[0019] Since according to invention according to claim 4 or 10 one axis of coordinates of a world coordinate and a calibration plate are made to cross at right angles and is installed, when calculating the coordinate value in the world coordinate top Norikazu axis of coordinates of point of measurement based on this calibration data, it can calculate with interpolation etc. very easily. Therefore, the load of data processing is mitigable.

[0020] In the three-dimension location metering device according [ invention according to claim 5 ] to the stereo method according to claim 2 or 3 When said image processing system 5 computes the location of the world coordinate of the point of measurement 7 of said measuring object object based on each curved-surface polynomial in the monitor system of coordinates approximated corresponding to said two or more curved surfaces 11, each above-mentioned curved-surface polynomial, He is trying to compute the location of the world coordinate of point of measurement 7 by calculating the coordinate value of the intersection of said curved surface 11 and this straight line, and interpolating the coordinate value of this intersection based on the formula which expresses a straight line parallel to a passage and one axis of coordinates in monitor system of coordinates for the point of measurement 7 in monitor system of coordinates.

[0021] In the three-dimension location measurement approach according [ invention according to claim 11 ] to the stereo method according to claim 8 or 9 When computing the location of the world coordinate of the point of measurement 7 of said measuring object object based on each curved-surface polynomial in the monitor system of coordinates approximated corresponding to said two or more curved surfaces 11 Each above-mentioned curved-surface polynomial and the point of measurement 7 in monitor system of coordinates are based on the formula showing a straight line parallel to a passage and one axis of coordinates in monitor system of coordinates. The coordinate value of the intersection of said curved surface 11 and this straight line is calculated, and it is considering as the approach of computing the location of the world coordinate of point of measurement 7 by interpolating between the coordinate values of this intersection.

[0022] When computing the location of the world coordinate of point of measurement according to invention according to claim 5 or 11 The curved-surface polynomial expressed with the multiplier memorized as calibration data, Based on the formula showing a straight line parallel to a passage and one axis of coordinates in monitor system of coordinates, the coordinate value of the intersection of said curved surface and said straight line is calculated by easy count in the point of measurement in monitor system of coordinates, and the location of the world coordinate of point of measurement is computed by interpolating between the coordinate values of this intersection. Therefore, the load of data processing is mitigable.

[0023] Invention according to claim 6 is characterized by at least one of said two or more image pick-up equipments 1 and 2 being slanting CCD camera equipment in the three-dimension location metering device by the stereo method according to claim 1 to 5.

[0024] Since slanting CCD camera equipment is used according to invention according to claim 6, the depth of the image data of a measuring object object is picturized deeply. Therefore, since it can compute with a sufficient precision when computing the coordinate in monitor system of coordinates by carrying out the image processing of the image data, the precision of location measurement can be improved.

[0025]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an operation gestalt is explained with reference to a drawing. Drawing 1 shows the configuration of the three-dimension location metering device by the stereo method concerning this invention. First, the predetermined axes of coordinates X, Y, and Z which intersect perpendicularly mutually [ a world coordinate ] are established in the space in which the measuring object object 8 is installed, and it considers measuring the coordinate location in the world coordinate of the point of measurement 7 of the measuring object object 8 with this three-dimension location metering device. In order to measure by the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

stereo method, it has two sets (it is henceforth called a monitoring device) of two sets of the image pick-up equipments 1 and 2, and the image display devices 3 and 4 corresponding to this, and an image processing system 5 here. The lens optical axis of the 1st image pick-up equipment 1 is installed in parallel with the direction of one axis of coordinates (here Z-axis) of a world coordinate, and the lens optical axis of the 2nd image pick-up equipment 2 is installed so that a predetermined include angle may be accomplished to the direction of a top Norikazu axis of coordinates (here Z-axis). In addition, the 2nd image pick-up equipment 2 is good also as slanting CCD equipment which set up that image pick-up side aslant to this lens optical axis.

[0026] The image processing of the image pick-up signal from each image pick-up equipments 1 and 2 is carried out with an image processing system 5, and each image is displayed on monitoring devices 3 and 4. The axis of coordinates on the image which sets to P and Q now the axis of coordinates on the image displayed by the monitoring device 3, and is displayed by the monitoring device 4 is set to R and S. At this time, axes of coordinates P and Q are the axes of coordinates showing a field parallel to the flat surface (X-Y flat surface) which intersects perpendicularly with one axis of coordinates (here Z-axis) of a world coordinate parallel to the lens optical axis of the 1st image pick-up equipment 1. Moreover, either of the axes of coordinates R and S (here R shaft) is set up so that it may become parallel to a world coordinate top Norikazu axis of coordinates (here Z-axis).

[0027] While an image processing system 5 inputs and carries out the image processing of the image pick-up signal of point of measurement 7 from the image pick-up equipments 1 and 2 and outputting each image to monitoring devices 3 and 4, respectively, based on the coordinate location by the axes of coordinates P and Q of point of measurement 7, and the coordinate location by axes of coordinates R and S, the coordinate location in the world coordinate of point of measurement 7 is calculated. This image processing system 5 makes computer apparatus, such as the usual microcomputer, a subject, and is constituted. Moreover, the memory which memorizes beforehand calibration data required for an image processing system 5 for location measurement before measurement is prepared.

[0028] Next, the contents of processing of an image processing system 5 are explained according to the procedure. In the three-dimension location metering device by the stereo method concerning this invention, two or more points that the coordinate location in a world coordinate is specified are beforehand picturized, respectively with the 1st and 2nd image pick-up equipment 1 and 2, and the data (this is called calibration data) showing the correspondence relation between the coordinate location in this world coordinate, the coordinate location by axes of coordinates P and Q, and the coordinate location by axes of coordinates R and S are memorized. And at the time of location measurement of the actual point of measurement 7, a interpolation operation is carried out based on the coordinate location and the above-mentioned calibration data of the point corresponding to the point of measurement 7 on an image, and it is asking for the coordinate location of the point of measurement 7 in a world coordinate.

[0029] First, the creation approach of calibration data is explained based on drawing 2 - drawing 5. In drawing 2, as for the calibration plate 9, two or more pattern 9a as which mutual physical relationship (a location or distance, and direction) was specified is drawn on an even predetermined base. A circular graphic form with black predetermined magnitude is drawn by this pattern 9a with means, such as sensitization, and plating, etching, on an opaque substrate just possible [ distinction with the image pick-up equipments 1 and 2 ]. In this drawing, two or more black circular graphic forms are drawn on the predetermined location at intervals of predetermined. And this calibration plate 9 is installed at right angles to one axis of coordinates (Z-axis) parallel to the lens optical axis of the 1st image pick-up equipment 1 of a world coordinate. The calibration plate 9 is picturized with the 1st and 2nd image pick-up equipment 1 and 2, with an image processing system 5, the image processing of each pattern 9a is performed, and the coordinate location data based on the axes of coordinates P and Q of each pattern 9a and the coordinate location data based on axes of coordinates R and S are computed, respectively. Furthermore, as shown in drawing 3, the location of Z shaft orientations of the calibration plate 9 is shifted at intervals of predetermined distance, the calibration plate 9 is picturized by two or more of these places, and the coordinate location data based on the above-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

mentioned axes of coordinates P and Q and axes of coordinates R and S of each pattern 9a corresponding to a Z shaft each location are computed, respectively. In addition, the above-mentioned predetermined distance spacing may be fixed spacing, or may be spacing which makes spacing small depending on a location to measure with a sufficient precision, and is different, respectively.

[0030] Here, as mentioned above, since axes of coordinates P and Q and axes of coordinates X and Y are parallel, it can ask for the coordinate location data based on axes of coordinates X and Y by easy transformation from the coordinate location data based on axes of coordinates P and Q. Moreover, since the axis of coordinates R is parallel to an axis of coordinates Z among axes of coordinates R and S, many coordinate location data based on an axis of coordinates R will be included with the positional information by the axis of coordinates Z. Therefore, the coordinate location in a world coordinate is computed from this monitor system of coordinates, a call, and henceforth using coordinate location data according the space stretched with axes of coordinates P, Q, and R to these monitor system of coordinates.

[0031] Two or more points in the monitor system of coordinates corresponding to two or more pattern 9a on the above-mentioned calibration plate 9 form a flat surface or a curved surface 11 (on account of explanation, henceforth, it unifies and is called a curved surface 11) predetermined by monitor system of coordinates, as shown in drawing 4. Generally, the field in these monitor system of coordinates turns into a curved surface. Therefore, corresponding to two or more above-mentioned calibration plates 9, as shown in drawing 5, two or more curved surfaces 11 are formed. Since the continuity is maintained, each of this acquired curved surface 11 can approximate each curved surface 11 by predetermined curved-surface polynomials, such as for example, a two-dimensional polynomial, using a certain approximation technique. If a two-dimensional polynomial is expressed with a formula " $R=a_1, P^2+a_2, Q^2+a_3, PQ+a_4, P+a_5$ , and  $Q+a_6$ ", one curved surface 11 can be made to correspond uniquely with the set of these multipliers  $a_1$ - $a_6$  here. Therefore, instead of memorizing the position-coordinate data of each pattern 9a for two or more above-mentioned curved surfaces 11 of every, by memorizing each set of the multipliers  $a_1$ - $a_6$  corresponding to each curved surface 11 as calibration data, the amount of data to memorize can be compressed without informational degradation, and memory space can be decreased.

[0032] Next, how to compute the position coordinate in the world coordinate of point of measurement 7 based on calibration data at the time of actual location measurement is explained with reference to drawing 6 - drawing 9. As a result of picturizing point of measurement 7 with two image pick-up equipments now, suppose that the position coordinate ( $p_0$ ,  $q_0$ , and  $r_0$ ) in the monitor system of coordinates of point of measurement 7 was searched for as shown in drawing 6. By this position coordinate ( $p_0$  and  $q_0$ ), it can ask for the coordinate location data based on the axes of coordinates X and Y of a world coordinate using easy transformation. Moreover, coordinate value  $r_0$  is based, and as it is the following, the coordinate location data based on an axis of coordinates Z are called for.

[0033] That is, first, as shown in drawing 7; R shaft position coordinate of the intersection of the straight line expressed with a formula " $p=p_0$  and  $q=q_0$ " and two or more curved surfaces 11 corresponding to said each set of the multipliers  $a_1$ - $a_6$  of calibration data memorized beforehand is computed. And two R shaft position coordinates (here, referred to as  $r_1$  and  $r_2$ ) are elected as order with a near distance of the point of said position coordinate ( $p_0$ ,  $q_0$ , and  $r_0$ ), and each intersection among R shaft position coordinates of each of this computed intersection like drawing 8. These two R shaft position coordinates express R shaft position coordinate of the intersection in the interior of the curved surface 11 of the both sides which have sandwiched the point of said position coordinate ( $p_0$ ,  $q_0$ , and  $r_0$ ) in between. next, the formula 1 — the above-mentioned position coordinate  $r_0$  The two above-mentioned R shaft position coordinates  $r_1$  and  $r_2$  the ratio of the absolute value of a difference — it asks for H.

[Equation 1] Since the distance between the H= $|r_1 - r_2|$  curved surfaces 11 which carry out  $1-r_0$   $|r_2 - r_0|$   $=m:n$  contiguity is small, the above-mentioned ratio H becomes an almost equal value in a world coordinate. therefore, Z-axis coordinate location data [ in / as shown in drawing 9 / the world coordinate of point of measurement 7 ] — the above-mentioned R shaft position

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

coordinate  $r_1$  and  $r_2$  the ratio of the above [ between the Z-axis coordinate values of two calibration plates 9 which correspond, respectively ] -- it can divide and ask by H.

[0034] As explained above, before carrying out location measurement, the plane calibration plate 9 with which two or more patterns with which mutual physical relationship was specified for the calibration were drawn is picturized with two image pick-up equipments 1 and 2, and it asks for the coordinate location in the monitor system of coordinates corresponding to each pattern by the image processing. It arranges so that it may become parallel [ the lens optical axis of the 1st image pick-up equipment 1 ] to one axis of coordinates (here Z-axis) of a world coordinate between two image pick-up equipments 1 and 2, and the lens optical axis of the 2nd image pick-up equipment 2 is leaned and arranged so much in this one axis of coordinates at the predetermined include angle. Therefore, since the axes of coordinates P and Q changed by the image pick-up data of the 1st image pick-up equipment 1 become parallel to the flat surface which intersects perpendicularly with a world coordinate top Norikazu axis of coordinates, it can ask for the coordinate location by other two axes of coordinates of the world coordinate of point of measurement 7 easily. Moreover, many information of the axes of coordinates R and S changed by the image pick-up data of the 2nd image pick-up equipment 1, on the other hand (here R shaft), concerning a world coordinate top Norikazu axis of coordinates will be included. Axes of coordinates P, Q, and R constitute monitor system of coordinates from this, and the location of a world coordinate is measured from the coordinate value of the point of measurement 7 in these monitor system of coordinates.

[0035] The above-mentioned calibration plate 9 is picturized in two or more locations which it was installed at right angles to a top Norikazu axis of coordinates, and were shifted for every predetermined distance. And it is formed corresponding to two or more of these locations, without two or more curved surfaces 11 crossing mutually by the set of the point of each pattern in monitor system of coordinates. Since each of this curved surface 11 is approximated by the predetermined polynomial (for example, two-dimensional polynomial) showing a curved surface, the set of each multipliers  $a_1$ - $a_6$  of the polynomial at this time can express the curved surface 11 which corresponds uniquely. Therefore, by making it correspond to two or more curved surfaces 11, and memorizing the set of these multipliers  $a_1$ - $a_6$  as calibration data, it becomes compressible [ stored data ] and the data-processing time amount based on calibration data can be shortened.

[0036] At the time of actual location measurement, the position coordinate in a world coordinate is computed based on the position coordinate ( $p_0$ ,  $q_0$ , and  $r_0$ ) and the above-mentioned calibration data in monitor system of coordinates of point of measurement 7. That is, the position coordinate ( $X_0$  and  $Y_0$ ) of a world coordinate is easily searched for from a position coordinate ( $p_0$  and  $q_0$ ). Moreover, R shaft position coordinate of the intersection of the straight line expressed with a formula " $p=p_0$  and  $q=q_0$ " and two or more curved surfaces 11 corresponding to each set of multipliers  $a_1$ - $a_6$  is computed. R shaft position coordinate  $r_1$  of an intersection with two curved surfaces 11 nearest to the point of a position coordinate ( $p_0$ ,  $q_0$ , and  $r_0$ ) and  $r_2$  electing -- said formula 1 -- position coordinate  $r_0$  Two R shaft position coordinates  $r_1$  and  $r_2$  the ratio of the absolute value of a difference -- it asks for H. [ among these, ] this R shaft position coordinate  $r_1$  and  $r_2$  the ratio of the above [ between two corresponding Z-axis coordinate values of a curved surface 11 ] -- dividing by H -- position coordinate  $Z_0$  in the world coordinate of point of measurement 7 It asks. [ and ] Therefore, three-dimension location measurement can be performed with high precision and simply, without measuring the physical relationship between two image pick-up equipments 1 and 2.

[0037] Moreover, the position-coordinate data in the monitor system of coordinates called for by carrying out the image processing of two or more points on the image when picturizing two or more pattern 9a on the same calibration plate include the operation error at the time of an image processing etc. in itself. Therefore, when it is used directly, having used this position-coordinate data as calibration data and the location of a world coordinate is calculated with interpolation, it becomes easy to be influenced of the above-mentioned error, and precision may be spoiled. Since approximation interpolation of the set of two or more points on monitor system of coordinates describing above is carried out as mentioned above on a curved surface according

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



to this invention, the above-mentioned error is amended and, therefore, highly precise measurement is attained.

[0038] In addition, since the curved surface formed of the set of two or more points on monitor system of coordinates describing above turns into a secondary curved surface theoretically, if it says strictly, this curved surface must be approximated on a secondary curved surface. However, this invention may be approximated on still higher order multi-dimension curved surfaces, such as the 3rd curved surface, for example, as long as it does not limit to a secondary curved surface and approximation is settled in a predetermined approximation error. Even when the configuration of an actual metering device differs from the theory greatly by a certain cause and cannot approximate by this on a secondary curved surface, it becomes possible to approximate according to a predetermined multi-dimension curved surface. Furthermore, if it says, as long as approximation will be settled in a predetermined approximation error, you may approximate using what kind of curved-surface type.

[0039] Moreover, the software incorporating the measurement approach described above uses a floppy disk as the electronic data-logging medium which stores this software, and circulation distribution is carried out. This electronic data-logging medium may not be restricted to a floppy disk, and a hard disk, an IC card, or CDROM is sufficient as it. Moreover, the gestalt of circulation distribution may also take the gestalt which connects via a public line or a network, the hardware not only using circulation by the electronic data-logging medium but said software, and the development device by which the above-mentioned software is contained, for example, the personal computer for development, and carries out circulation distribution. In the case of said circulation distribution, the installer for installing in the hardware using said software, for example, the test equipment of dedication, the equipment which connected the personal computer and the electronic camera is attached, circulation distribution may be carried out and circulation distribution of the data which carried out capacity compression of the software incorporating said measurement approach may be carried out.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The configuration of the three-dimension location metering device concerning this invention is shown.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the calibration plate concerning this invention.

[Drawing 3] It is the explanatory view of the installation location of the calibration plate concerning this invention.

[Drawing 4] It is the explanatory view of the curved surface in the monitor system of coordinates corresponding to the calibration plate concerning this invention.

[Drawing 5] It is the explanatory view of two or more curved surfaces in the monitor system of coordinates corresponding to two or more locations of the calibration plate concerning this invention.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[Drawing 6] It is the explanatory view of the location in the monitor system of coordinates of the point of measurement concerning this invention.

[Drawing 7] It is the calculation approach explanatory view of R shaft position coordinate in the monitor system of coordinates of the point of measurement concerning this invention.

[Drawing 8] It is the calculation approach explanatory view of R shaft position coordinate in the monitor system of coordinates of the point of measurement concerning this invention.

[Drawing 9] It is the calculation approach explanatory view of the Z-axis position coordinate in the world coordinate of the point of measurement concerning this invention.

[Description of Notations]

- 1 1st Image Pick-up Equipment
- 2 2nd Image Pick-up Equipment
- 3 Four Monitoring device
- 5 Image Processing System
- 7 Point of Measurement
- 8 Measuring Object Object
- 9 Calibration Plate
- 9a Pattern
- 11 Curved Surface
- X, Y, Z World coordinate shaft
- P, Q, R, S Monitor axis of coordinates

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

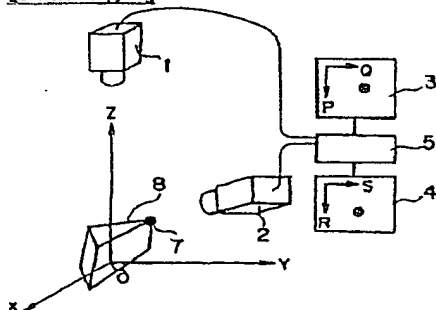
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

**DRAWINGS**

[Drawing 1]

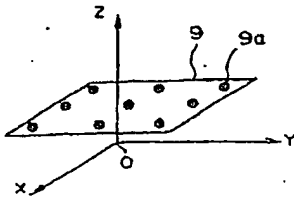


[Drawing 2]

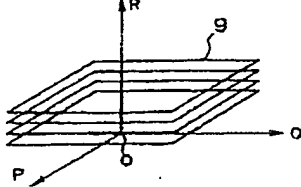


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

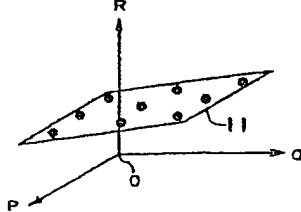
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



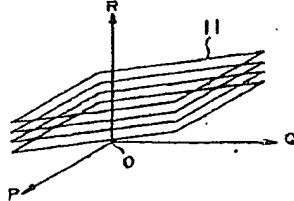
[Drawing 3]



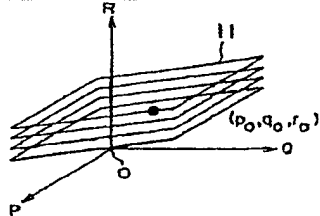
[Drawing 4]



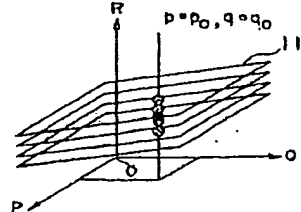
[Drawing 5]



[Drawing 6]

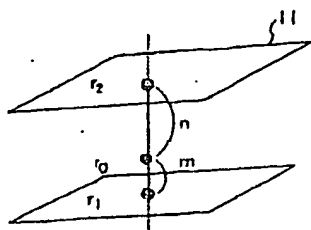


[Drawing 7]

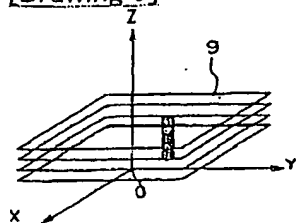


[Drawing 8]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Drawing 9]



---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**